AMAZONIANA	Band I, 1 Vol.	Seite 74—83	Dez. 1965

(Aus der Hydrobiologischen Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, Plön (Holstein).)

Bemerkung zur Typologie amazonischer Flüsse*)

Von Harald Sioli

In früheren Veröffentlichungen (Sioli 1950, 1951, 1956, 1957) wurden die Flüsse des brasilianischen Amazonasgebietes in drei verschiedene Typen eingeteilt, die wie folgt charakterisiert werden können:

1. Weißwasserflüsse (rios de „água branca"); Wasser lehmgelb, trübe; gemessene Sichttiefen 0,10—0,50 m; Beispiele: Amazonas mit Solimões, Rio Madeira, Rio Branco.

2. Klarwasserflüsse; Wasser gelbgrün bis olivgrün und ± transparent, gemessene Sichttiefen 1,10—4,30 m; Beispiele: Rio Tapajós mit Quellflüssen Rio Juruena und Rio São Manoel, Rio Xingú.

3. Schwarzwasserflüsse (rios de „água preta"); Wasser olivbraun bis kaffeebraun, kleine Bäche zuweilen sogar rotbraun, und ± transparent; gemessene Sichttiefen 1,30—2,30 m; Beispiele: Rio Negro mit Rio Içana, Rio Cururú.

Diese Einteilung ist inzwischen längst akzeptiert und allgemein bekannt geworden. Auch Bäche folgen dem gleichen Einteilungsschema:

1. Weißwasserbäche: im brasilianischen Amazonasgebiet kaum vorhanden, angetroffen in schwacher Ausbildung nur in den (hügeligen) Karbonstreifen Unteramazoniens während der Regenzeit (Sioli 1963),

2. Klarwasserbäche: überall vorhanden und meist vorherrschend in den Gebieten des Archaikum, der paläozoischen marinen Sedimente, der pliozän-pleistozänen Süßwassersedimente der Serie der Barreiras, der Formationen Pará, Manáus, Pebas (mit ihren z. T. Brack- oder Seewassersedimenten) sowie der miozänen Meerestransgression der Formation Pirabas.

3. Schwarzwasserbäche: vereinzelt in Sandgebieten der Formation Pará, Serie der Barreiras, Formation Manáus, sehr häufig, z. T. sogar vorherrschend im Gebiet der kreidezeitlichen (?) Sandsteine des Rio Cururú und vor allem in den von Caatinga bedeckten Sandflächen der uralten peneplain des oberen Rio Negro. Niemals in den Karbonstreifen Unteramazoniens.

*) Das Manuskript dieser Arbeit war Herrn Professor Dr. Wolfgang Frhr. von Buddenbrock-Hettersdorf, seinem verehrten, inzwischen verstorbenen Doktorvater, zur Vollendung des achtzigsten Lebensjahres am 25. März 1964 vom Verfasser gewidmet worden.

Diese drei Fließwassertypen kommen zustande durch die jeweiligen geomorphologischen und/oder mineralogisch-pedologischen Verhältnisse in den Quellgebieten der betreffenden Flüsse. So sind in Amazonien Weißwasserflüsse an bergiges Gelände (Berghänge) in ihrer Quellregion (meistens Anden oder deren Vorberge, auch Parima-System an der Grenze nach Venezuela), Klarwasserflüsse hingegen an ein ruhiges, ebenes Relief ihrer Ursprungsgebiete gebunden, Schwarzwasserflüsse außer an flache, ebene Gelände (der Rio Negro erhält sein „schwarzes" Wasser z. B. aus einer uralten peneplain) auch noch — soweit bisher in vielen Gegenden des riesigen Amazonien untersucht und nachgewiesen — an einen bestimmten Bodentyp, nämlich an Podsol (Bleichsand) mit oder ohne kompakten B-Horizont (Ortstein) (Richards 1952, Sioli 1954, 1955, Sioli u. Klinge 1961).

Wieweit Abhängigkeiten der verschiedenen Flußtypen außerdem von den diversen Klima- und anderen Umgebungsfaktoren bestehen, läßt sich nicht ohne weiteres sagen. Natürlich sind die Flußtypen an die Regenmenge und die mehr oder weniger große Heftigkeit der Regenfälle gebunden. Zum Zustandekommen von Weißwasserflüssen z. B. muß auch an Berghängen zunächst überhaupt Regen fallen, und zwar in der Menge (s. die hohen Regenmengen am Ostabhang der Anden!) und Form, daß er genügende Mengen von Schwebstoffen zur — direkten oder indirekten — Nachlieferung aus den Verwitterungsschichten der Hänge herauswaschen kann, ehe diese Flüsse die Schwebstoffe unterhalb der Berghänge durch ihr flaches Schwemmlandgebiet hindurch mittels örtlich und zeitlich abwechselnder Seitenerosion und Sedimentation sukzessiv und intermittierend zur Mündung weiterverfrachten können. Auch sind die Flüsse in der Regenzeit trüber. Ebenso beeinflussen verschiedene Vegetationsbedeckungen der Quellgebiete (Hochwald, Campo, ausgedehnte Rodungen) durch ihre mehr oder weniger große oder gar fehlende Schutzwirkung gegenüber der Bodenerosion quantitativ die in die Fließgewässer gespülten Schwebstoffe, und durch Beeinflussung der im Boden ihrer Standorte ablaufenden Prozesse werden bestimmte Vegetationstypen sich auf diesem Umwege im Laufe langer Zeiträume auch auf die aus diesem Boden kommenden Gewässer auswirken. Wenn in Amazonien aber Klarwässer und Schwarzwässer aus verschiedenen spezifischen Vegetationstypen (Hochwald bzw. Caatinga oder Campina) kommen, so sind diese Gewässer wie auch die zugehörigen Vegetationstypen doch wohl gleichwertige Ausdrücke der Bodenverhältnisse, sozusagen Parallelerscheinungen und nicht direkt kausal miteinander verknüpft.

Es sind also sowohl physikalische (Relief) als auch chemische (Böden) Faktoren der Quellgebiete, die die Fließgewässertypen Amazoniens bedingen, dabei aber in bestimmter Weise kombiniert sein müssen, damit ein bestimmter Flußtyp resultiert.

Die Kombination der zum Zustandekommen der Fließgewässertypen Amazoniens nötigen physikalischen und chemischen Faktoren der Quellgebiete gestaltet sich wie folgt:

	Berghänge (als Urlieferant der Schwebstoffe)	Ruhiges Relief der Erdoberfläche	Podsole (als Lieferant färbender Humusstoffe	andere Böden
Weißwasser	+	—	—	+
Klarwasser	—	+	—	+
Schwarzwasser	—	+	+	—

Zum Teil ist diese Kombination der Faktoren nur der Ausdruck einer kausalen Koppelung derselben oder einer wechselseitigen Ausschließung in der Natur, wie im Falle der Schwarzwässer; Podsole sind z. B. in Amazonien sichtlich an ebenes Gelände gebunden und unvereinbar mit unruhigem Relief der Erdoberfläche. Sie treten dort nur auf in Verebnungen (peneplains) oder in vom Ursprung her ebenen Geländen, d. h. in flachen Gegenden, aus denen das wegschwemmbare feinere Bodenmaterial

beim Prozeß der Verebnung bereits weggeschwemmt worden ist oder in denen es von vornherein (z. B. ehemalige Sandstrände u. Ä.) nie vorhanden gewesen war. Außerdem müssen — das ist ja die bodenchemische Voraussetzung zur Podsolbildung — aus dem übriggebliebenen oder ab initio gegebenen gröberen Bodenmaterial (Quarzsand) die Basen längst ausgewaschen bzw. in demselben nie vorhanden gewesen sein. An Berghängen hingegen, gleich welchen mineralischen Untergrundes, können sich keine schwarzwasserliefernden Podsole entwickeln, da sich dort kein ± durchlässiges Bodenmaterial auf längere Zeit halten kann, sondern durch oberflächliche Erosion (oder Solifluktion) entfernt wird, ehe es bis zur notwendigen Basenarmut ausgewaschen wäre; auf diese Weise ist stets ein frisches, damit — wenigstens relativ — basenreicheres Verwitterungsprodukt des Untergrundes der chemischen Einwirkung des Oberflächenwassers ausgesetzt, welch letztes zum Grundwasser durchsickert und mit diesem in Quellen und Bächen, also niemals als Schwarzwasser, austritt.

Durch solche Faktorenverknüpfung bzw. -ausschließung wird auch der Umstand verständlich, daß Schwarzwässer in Bezug auf ihren Chemismus recht einheitlich sind, auch Weißwässer keine allzu großen Divergenzen, zumindest in den pH-Werten, aufweisen, wohingegen Klarwässer in pH (und Gehalt an anorganischen Ionen) die allergrößten Unterschiede zeigen:

Schwarzwässer:	pH 3,8—4,9
Weißwässer:	pH 6,2—7,2
Klarwässer:	pH 4,5—7,8

Die niedrigsten pH-Werte (± 4,5) der Klarwässer treten auf in Bächen der Region der „Serie der Barreiras", etwas höhere Werte (± 5) in Bächen der archaischen Granitgegenden des oberen Rio Negro, während die höchsten Werte in den Karbonstreifen mit Kalkvorkommen gefunden wurden. Etwa zwischen pH 6 und 6,7 liegen die Werte der großen Klarwasserzuflüsse. Schon aus dieser Streuungsbreite der pH-Werte und der Verteilung der Klarwässer über die verschiedensten geologischen Gebiete Amazoniens geht hervor, daß die Klarwässer nur ein Sammelbegriff von chemisch und biologisch sehr heterogenen Gewässern sind und als Gemeinsames nur die Armut an Schwebstoffen haben.

Am eindeutigsten scheint die Entstehung der Schwarzwässer durch Bindung an Podsole in ihren Quellgebieten als conditio sine qua non geklärt zu sein. Schon bei der Entstehung der Weißwässer hingegen ergibt sich bei genauerem Zusehen ein neues Problem. Es zeigt sich nämlich, daß die Bäche in den hohen Anden klares Wasser führen, welches sich erst trübt und somit zu „Weiß"wasser wird, nachdem sie den Fuß der Anden erreicht haben (mündliche Mitteilung von Herrn Dr. E.-J. Fittkau, der diese Verhältnisse und die Eigenschaften des unteramazonischen Schwemmlandes der Várzea in einer besonderen Veröffentlichung behandeln wird). Ähnliche Verhältnisse ließen sich auch bei einer Untersuchung der Gewässer der bergigen Grenzregion zwischen dem mittleren Rio Negro und Venezuela erkennen. Es scheint, als ob der erste Transport des feinen Schwebstoffmaterials die Berghänge herunter nicht oder wenig in den Wasserläufen geschieht, sondern flächig, oberflächlich, oder auch vielleicht durch Solifluktion, so daß das anfallende Material zunächst in Form eines Akkumulationsstreifens dem Fuße der Gebirge entlang niedergelegt wird, ehe die Flüsse sich mit dem Weitertransport zu befassen beginnen.

Es soll hier nicht näher auf die Entstehungsursachen der verschiedenen Fließgewässertypen Amazoniens eingegangen werden. Die Klärung der Kausalzusammenhänge zwischen Quellgebiet und Gewässertyp wird noch manche minutiöse geomorphologische

Studie erfordern. Die oben geschilderte Einteilung der amazonischen Fließgewässer in drei große Gruppen hat sich jedoch als erstes, gröbstes Raster für das Verständnis des sich uns dort darbietendes Bildes bewährt, wenn man sich nicht nur der „Grenzunschärfe" der drei Typenbegriffe bewußt ist, sondern auch des Umstandes, daß die Charakterisierung sich nur auf leicht feststellbare Tatsachen bezieht, jedoch noch mehr Unbekanntes zum Inhalt hat. Vielleicht läßt sich die Sachlage am einfachsten durch einen Vergleich mit den bereits klassischen Seetypen der Limnologie verdeutlichen: Je mehr die in den Seetypen enthaltenen Unbekannten durch eingehende detaillierte Forschung bekannt wurden, desto mehr lösten sich die Seetypen in voneinander abweichende Individualitäten auf — dennoch blieben die Bezeichnungen eutropher, oligotropher, dystropher Seetypus als Begriffe zu einer ersten und raschen, aber trotzdem recht eindeutigen Orientierung erhalten, und das sogar, obwohl die Seetypen durch Übergänge fließend miteinander verbunden sind.

Auch bei den Fließgewässertypen Amazoniens zeigen sich solche Übergänge, und zwar nicht nur im Nebeneinander der verschiedenen Typen, wie es bei den Seen der Fall ist als Ausdruck letztlich einer kumulativen Auswirkung der terrestrischen Umgebung, die ein gerichtetes, ohne eintretende äußere „Katastrophen" irreversibles und im Verlaufe von meist Jahrtausenden oder vielen Jahrtausenden ablaufendes Altern der „Synergie" See verursacht.

Im Gegensatz zum See sind die Fließgewässer längst nicht so sehr Integratoren und Akkumulatoren der Auswirkungen der in ihrer Umgebung ablaufenden Vorgänge, sondern sie repräsentieren viel mehr als die Seen momentane Situationen im steten Veränderungen unterworfenen Gefüge der terrestrischen und aerischen (meteorischen) Faktoren ihrer Umgebung.

So kommt es, daß wir bei den Seen die Typen und alle möglichen Übergänge zwischen denselben in der Natur nebeneinander antreffen, jeder See selbst aber über Jahre hindurch vom gleichen Typ ist (wenn wir, wie gesagt, von Katastrophenfällen absehen).

Anders beim Fluß. Wohl finden wir in Amazonien auch die aufgestellten Flußtypen und alle Intermediäre nebeneinander, wenn es auch nicht immer leicht ist (wie ja auch bei den Seen in Bezug auf ihre Typen), einen Fluß einem bestimmten Typus einwandfrei zuzuordnen. Sichttiefen um 80 cm herum z. B. lassen keine einfache Entscheidung zu, ob man einen Weißwasser- oder Klarwasserfluß vor sich hat; oder im Oliv gelegene Töne der Wasserfarbe zeigen einen nicht ohne weiteres einzugruppierenden Übergang von Klarwasser zu Schwarzwasser.

Was die Flüsse aber grundsätzlich von den Seen in Bezug auf ihre Einteilung in „Typen" unterscheidet, ist der Umstand, daß Flüsse nicht nur nebeneinander Übergänge von einem zum anderen Typ darstellen können, sondern daß sogar ein und derselbe Fluß zeitlich, und zwar periodisch, von einem zum anderen Typ wechseln kann. Es macht sich hier die direkte Abhängigkeit der Eigenschaften der Flüsse von denen ihrer Umgebung unmittelbar bemerkbar.

Bekannt ist z. B., daß tropische Flüsse eine mit der Jahreszeit sehr stark schwankende Schwebstofflast mit sich führen können, die sich ihrerseits in der Sichttiefe ausdrückt. Während manche Flüsse in den Tropen während der Trockenzeit relativ klares, transparentes Wasser führen, verwandelt sich dieses mit dem Einsetzen der Regenzeit in eine „Erbsensuppe", in eine undurchsichtige, lehmgelbe Brühe. Am stärksten ausgeprägt

ist dieses Phänomen natürlich in Gegenden, in denen ein ungeschützter, leicht erodierbarer Boden einem ausgeprägten Wechsel von kontinuierlichen Trockenzeiten und heftigen Regenzeiten ausgesetzt ist.

In Amazonien sind diese Bedingungen gemildert. Der Boden, obwohl meist aus weichen, leicht erodierbaren Sedimenten bestehend, ist fast durchweg von dichter Waldvegetation bedeckt, die den besten natürlichen Schutz gegen Erosion bietet. Fernerhin empfängt der Amazonas Zuflüsse aus einem riesigen Gebiet ($\pm$ 7.10[6] km[2]), in dessen verschiedenen Teilen die Regenzeit zu verschiedenen Monaten einsetzt und verschieden intensiv ist, so daß sich die jahreszeitlichen Differenzen in den Wässern der einzelnen Zuflußgebiete zum Teil gegenseitig in etwa ausgleichen und der untere Amazonas gegenüber lokalen Einflüssen relativ „gepuffert" erscheint.

Immerhin haben wir im unteren Amazonas im Jahreslauf Schwankungen des Schwebstoffgehaltes zwischen etwa 50 mg/l in der Trockenzeit und $\leqq$ 200 mg/l in der Regenzeit, und zwischen etwa 30 und 20 cm Sichttiefe.

Je weiter wir uns vom unteren Amazonas als dem letzten „Integrator" aller amazonischen Gewässer, von den Hochanden bis zu den Überschwemmungswäldern der Niederungen und vom Hochwald bis zur lichten Savanne, entfernen, desto stärker machen sich in den Flüssen die Auswirkungen der Umgebung in zeitweiligen Veränderungen bemerkbar.

Im Solimões, kurz oberhalb der Rio Negro Mündung, steigt während der Trockenzeit z. B. die Sichttiefe auf fast 60 cm an, einen Wert, der im unteren Amazonas nie erreicht wird; FITTKAU (mündliche Mitteilung) konnte im Solimões während der Trockenzeit sogar die Existenz von echtem, autochthonem Potamoplankton beobachten, welches sich unter den ungünstigen Lichtverhältnissen eines stark getrübten „Weiß"wasserflusses nicht entwickeln kann. — Die Weißwasserflüsse Rio Purús und Rio Juruá, die in der Regenzeit völlig trübes, lehmiges Wasser führen, sollen in der Trockenzeit sehr klar sein; ähnlich soll auch der Rio Madeira beschaffen sein, dessen Sichttiefe bei Tres Casas im Dezember 1941, nach Einsetzen der Regenzeit und bei stark steigendem Wasser, nur 10 cm betrug.

Auch in Klarwasserflüssen gibt es solche jahreszeitlichen Wechsel der Sichttiefen: Der Rio Juruena (einer der beiden Bildner des Rio Tapajós) hatte während der Trockenzeit (27. 6. 1942) 3,50 m, am Ende der Regenzeit (4. 5. 1941) an der gleichen Stelle aber nur 1,70 m Sichttiefe.

Aber auch diese großen Flüsse sind immer noch Integratoren der kurzfristig ablaufenden Einzelvorgänge in ihrer Umgebung, so daß diese erst in jahreszyklischen Änderungen zum Ausdruck kommen.

Erst wenn wir direkt in die Quellgebiete kommen, zeigen sich die wechselnden Bedingungen bereits in rascher Folge, im Verlauf von Tagen und sogar Stunden. Besonders eindrucksvoll war in dieser Beziehung eine Reise zum oberen Rio Marauiá, einem linken, kleineren Nebenfluß des mittleren Rio Negro, im Januar—Februar 1963.

Im Gegensatz zu den rechten Nebenflüssen des Rio Negro, die alle aus dem flachen, wald- und caatingabedeckten Lande zwischen diesem und dem Solimões kommen und Schwarzwasser führen, liegen die Quellgebiete fast aller linken Nebenflüsse des mittleren Rio Negro in den Grenzgebirgen nach Venezuela zu (System der Serras Roraima, Araí, Pacaraima, Parima, Urucuzeiro, Curupira, Tapirapecó, Imerí, da Neblina) und

sind Weißwasserflüsse (s. d. Karte Abb. 1). Aus ihren bergigen Quellregionen bringen sie, allen voran der Rio Branco, so viele Sinkstoffe mit sich, daß sie dem breiten und langsam fließenden mittleren und unteren Rio Negro das nötige Material zu einer großartigen Inselbildung zuführen (Abb. 2).

Zu dieser Gruppe von Flüssen gehört auch der Rio Marauiá (Abb. 1) als ein allerdings nur kleiner und relativ kurzer Fluß. Im Unterlauf ist er $\pm$ 50 m breit. Er wurde im Januar 1963 so weit hinauf befahren, wie es möglich war, d. h. bis sein Wasser in einem 10—20 m breiten Bett mit starkem Gefälle über Felsen und grobe Gerölle aus den Gebirgen herauskam (Abb. 3). Einige Kilometer unterhalb dieser Stelle hatte der Fluß noch sehr klares Wasser, mit $\geqq$ 2 m Sichttiefe. Plötzlich jedoch, bei einer schwierigen Passage eines gerade über der Wasserfläche liegenden, gestürzten Baumstammes, setzte ein rasches Steigen des Wassers, ein sog. „Repiquete" ein; der Wasserspiegel stieg innerhalb von 15 Minuten um etwa 30 cm, und die Sichttiefe sank in der gleichen Zeit auf etwa 0,45 m. Etwa zwei Stunden später, etwas weiter flußaufwärts, war das Wasser bereits um mehr als 1 m gestiegen und so trübe geworden, daß die Sichttiefe nur noch 0,35 m betrug.

Innerhalb einer Viertelstunde war also — in optischer Hinsicht — aus einem Klarwasser- ein Weißwasserfluß geworden. Am übernächsten Tage war der Fluß an der Stelle der Aufnahme (Abb. 3) wieder kristallklar. Solche raschen Wechsel in der Trübung oder der Sichttiefe wurden mehrfach während des nur wenige Wochen dauernden Aufenthaltes am Rio Marauiá beobachtet, und zwar im Oberlauf nahe der Berge in stärkerem Maße als im Unterlauf nahe der Mündung in den Rio Negro.

Ist dieser Fluß nun in die Gruppe der Klar- oder der Weißwasserflüsse einzuordnen? Die Entscheidung ist ohne weiteres, nur aufgrund der (wechselnden) Sichttiefe, nicht zu fällen. Zieht man aber in Betracht, daß die Zufuhr der Schwebstoffmengen, die zeitweilig auch durch den Rio Marauiá als einen einer Gruppe untereinander sehr ähnlicher Flüsse von den Bergen im Norden in Richtung Rio Negro transportiert werden, entscheidend ist sowohl für den Aufbau eines ausgedehnten Schwemmlandes diesen Flußlauf entlang (Abb. 4) als auch für die ungeheure Bildung von Schwemmlandinseln im Rio Negro (s. Abb. 2), so kommt man nicht umhin, den Rio Marauiá zum Typus der Weißwasserflüsse zu rechnen. Aus einer solchen Zuordnung werden sofort die geomorphologisch wichtigsten Eigenschaften und Wirkungen erkennbar.

Bedeutungsvoll dürfte jedoch auch die Feststellung sein, daß der häufige und arhythmische Wechsel im Rio Marauiá stattfindet zwischen den Typen Weißwasser und Klarwasser, niemals jedoch ein Übergang zum Schwarzwasser, eine zeitweilige Schwarzwasserphase, beobachtet wurde.

Nicht nur Übergänge zwischen Weiß- und Klarwässern wurden in Amazonien gefunden, sondern auch Übergänge zwischen Klarwasser und Schwarzwasser, und zwar wiederum sowohl in bezug auf den dauernden Zustand der betreffenden Flüsse als auch in bezug auf jahreszeitlichen Wechsel zwischen beiden Wassertypen in ein und demselben Fluße.

Als Dauer-Intermediäre zwischen Klarwasser und Schwarzwasser wird man die Flüsse des Systems des Rio Arapiuns (SIOLI, 1954), den Aruã und Maró sowie den Arapiuns selbst, mit ihren um das Olivgrün bis Olivbraun spielenden Wasserfarben ansehen müssen, die dadurch zustande kommen, daß diesen Wasserläufen sowohl Klarwässer als auch Schwarzwässer zufließen. Wie stark der Arapiuns von dem „echten" Klarwasserfluß Tapajós verschieden ist, zeigen sein ungleich niedriger pH und seine

auffallende Armut an Phytoplankton, aber trotzdem lassen Wasserfarbe, Ufervegetation und submerse Bestände von *Utricularia* sp. beim Beobachter nicht den Eindruck aufkommen, an einem wirklichen Schwarzwasserfluß wie dem Rio Negro oder dem Rio Cururú zu stehen.

Bei den Flüssen des Arapiuns-Systems deuten sich nun auch schon jahreszeitliche Wechsel des Flußcharakters an, indem die Wasserfarbe in der Regenzeit stets mehr nach der braunen Seite tendiert, in der Trockenzeit nach der grünen. Es werden den Flüssen in der Regenzeit prozentual größere Mengen Schwarzwasser — aus Bleichsanden, die verschiedentlich angetroffen wurden — zufließen als in der Trockenzeit.

Diese Verhältnisse konnten in geradezu überraschender Deutlichkeit bei dem kleinen Rio Ererí beobachtet werden, einem kleinen, auf wenigen Karten (Sioli 1955b, Zimmermann 1957) zu findenden, rechten Nebenfluß des Rio Cururú (Karte Abb. 5). Die Gegend, aus der das Flüßchen kommt und die es durchfließt, besteht teils aus kreidezeitlichen (?) Sandsteinen (Ausläufer der Serra do Cachimbo), aus denen sich Bleichsande und Podsole entwickelt haben mit einer zugehörigen Campo-Vegetation, teils aus Braunlehmen, anscheinend hervorgegangen aus verwitternden Diabasdurchbrüchen, auf denen Hochwald steht (Abb. 6). Die Bäche im Bleichsandgebiet führen Schwarzwasser, die im Braunlehmgebiet des Hochwaldes Klarwasser.

Der Ererí hat sich im Sandsteingebiet ein wenige km breites Tal eingegraben, auf beiden Seiten mit steilen Sandsteinwänden von etwa 40 m Höhe (Abb. 7). Die Talsohle ist eben und besteht meist aus anstehendem, blanken Sandstein, der — in der Trockenzeit — stellenweise von größeren Beständen einer *Velosia* sp. bedeckt ist, sonst nur wenig Gestrüpp trägt.

Im Jahre 1942 wurde das Ererí-Tal an einer Stelle, welche von den Mundurucú-Indianern mit Uitasarang bezeichnet wird, zu Mitte Juni, d. h. während ausgesprochener Trockenzeit, besucht. In der Zeit war der Ererí hier ein kleines Flüßchen, das in einer nur etwa 2 m breiten Spalte unbekannter Tiefe im ebenen Sandsteinboden der Talsohle mit reißender Strömung dahinfloß (Abb. 8). Das Wasser war kristallklar, die Sichttiefe konnte wegen der starken Strömung mit der Secchi-Scheibe nicht festgestellt werden; die Wasserfarbe über der weißen Scheibe war ein reines helles Flaschengrün, mit keinem Stich ins Oliv.

Desto größer war meine Überraschung, als ich den Ererí etwa auf dem Höhepunkt der Regenzeit am 9. Februar 1960 wiedersah: eine brausende Wassermasse bedeckte fast die ganze Talsohle, und ihre Farbe war ein reines kräftiges Braun; Trübung war im Wasser nicht zu sehen. Aus dem kristallenen, grünen Klarwasserflüßchen der Trockenzeit war in der Regenzeit ein eindeutiger, völlig ausgeprägter, brauner Schwarzwasserfluß geworden.

Wie ist in einem Fließgewässer ein solcher extremer Wechsel seines Typus zu erklären?

Im Gebiet des Rio Cururú, schon nahe am Südrand der amazonischen Hyläa, ist die jährliche Regenmenge sehr hoch (im Mittel über 2.700 mm), jedoch ist sie ungleichmäßiger als in den zentraleren Teilen Amazoniens über den Jahreslauf verteilt: In der Dekade 1950—1959 betrugen die Monatsmittel für Dezember 347,8 mm, Januar 397,9 mm, Februar 345,3 mm, März sogar 479,7 mm, für Juni jedoch nur 30,8 mm und für Juli sogar nur 6,2 mm.

Bei dem Besuch in der Regenzeit, im Februar 1960, regnete es fast ständig. Die sandigen Campos waren mit Wasser vollgesogen, welches häufig in Vertiefungen des Bodens, über undurchlässigem Sandsteinuntergrund, in Pfützen stand und dunkelbraun gefärbt

war. So dürfte also der Normalzustand während der Regenzeit sein. Das Wasser, ursprünglich Regenwasser, nimmt beim Durchgang durch die Bleichsande die Humusstoffe auf, welche ihm die charakteristische Farbe geben, und fließt dann als „schwarzes“ Grundwasser durch die lockeren und großporigen Sandschichten in großer Menge dem Ererí zu, der damit zu einem Schwarzwasserfluß wird, solange der Nachschub durch die Niederschlagsmenge anhält.

Mit dem Aufhören dieses Nachschubes, mit dem Ende der Regenzeit, laufen die Sande jedoch rasch leer. Ihre Poren sind zu groß, als daß sie eine große Wasserretentionskapazität entwickeln könnten. Die starke Erwärmung des Campo-Bodens und der bodennahen Luftschicht durch die Sonnenstrahlung, die durch die lichte Vegetation nur minimal zurückgehalten wird, wird ein übriges tun, den Sandboden rasch zur Austrocknung zu bringen. Auf solche zeitweilige Trockenheit des Bodens deutet auch die lichte Campo-Vegetation hin, während auf dauernassen, aber im übrigen entsprechenden Sandböden in Amazonien sonst überall eine höhere, dichtere Vegetation steht (Caatinga alta, Campina alta des oberen Rio Negro bzw. bei Manáus).

Die Zufuhr von schwarzem Wasser aus den sandigen Podsolen der Campos zum Rio Ererí kommt somit nach Beendigung der Regenzeit bald zum Erliegen, und nur Wasser aus Böden mit größerer Wasser-Rückhaltefähigkeit wird während der Trockenzeit noch den stark geschrumpften Ererí speisen. Böden mit solch größerer Wasserretention sind aber die Braunlehme mit ihrer Hochwaldbedeckung, aus denen Klarwasser kommt.

So einfach es ist, das wechselhafte Verhalten des Charakters eines Flusses, wie hier des Ererí, in Bezug auf seinen Flußtyp von seiner umgebenden Landschaft mit den Faktoren Klima, Boden und Vegetationsbedeckung her zu begreifen und zu erklären, so ist damit doch keine Entscheidung darüber erzielt, zu welchem Flußtyp solch ein Gewässer wie der Ererí gehört. Diese Entscheidung ist de facto nicht zu treffen.

Eines jedoch geht aus diesem Sachverhalt klar hervor: viel weniger als ein See ist ein Fluß in seinen Eigenschaften durch Eigengesetzlichkeiten bestimmt. Mit dem Entstehen beginnt in einem See eine Entwicklung und, sozusagen „nach dem Gesetz, nach dem er angetreten“, geht der See vom Jugendstadium in das der Reife und des Alterns über, bis das zwangsläufige Verlanden ihn zum Verschwinden bringt. Ein Fluß hingegen ist in jedem Stadium vor allem Produkt seiner Umgebung und reagiert auf Änderungen derselben, wie wir gesehen haben, mit Änderungen seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften und damit u. U. sogar seines Typs nach den verschiedensten Richtungen und auch in reversibler und rhythmisch oder arhythmisch wechselnder Weise. Und zwar ist seine Reaktion desto „ungepufferter“, d. h. desto rascher und kräftiger, je näher die beobachtete Stelle des Flußlaufes am Quellgebiet liegt, oder, was dasselbe ist, je kleiner, begrenzter und innerlich einheitlicher das Einzugsgebiet ist. Der Charakter des Flußwassers als „Urin einer Landschaft“ kommt hier deutlich zum Ausdruck.

So sehen wir die Einteilung der Fließgewässer Amazoniens in verschiedenen Flußtypen in etwas anderem Lichte. Die Flußtypen sind nicht nur, wie die geschilderten Beispiele gezeigt haben mögen, ein recht grobes Raster, dessen geringes Auflösevermögen in einzelne wohldefinierte und -abgegrenzte Einheiten einen ziemlichen Spielraum läßt für Intermediäre und Übergänge im Raume wie in der Zeit, sondern sie sind ihrem Inhalte nach eigentlich nur sprachliche Übertragungen von primären Phänomenen, nämlich von Gestalt, Stoffbestand und Stoff- und Energieumsätzen (man könnte auch sagen: von morphologischen und physiologischen Eigenschaften) von Landschaften auf

Sekundärphänomene, nämlich auf die Produkte dieser Landschaften, die Flüsse. Fassen wir die Flußtypen in diesem Sinne auf, so sind sie keine Abstraktionen, keine „Ideen" von Flüssen, sondern vergröberte Umschreibungen von Ausschnitten aus dem Wirkungsgefüge einer Landschaft oder „Geosynergie" (nach Schmithüsen, 1963). Als solche können uns die Flußtypen nicht weiterhelfen in der Erkenntnis des Wesens „des" Flusses, aus dem alle Eigenschaften abzuleiten wären (mathematisch gesprochen: in der Aufstellung der Flußformel), wohl aber sind sie ein rohes aber praktisches Arbeitsinstrument, dessen Anwendung auf Flußindividuen, vergleichbar etwa der einer Lupe, uns einen raschen, ersten Überblick über eine Reihe von Eigenschaften des betreffenden Flusses vermittelt, die sonst nicht auf Anhieb erkennbar wären sondern erst allmählich aufgespürt werden müßten. Gerade auch für eine erste Beurteilung mancher zu erwartender biologischer Verhältnisse in den diversen Flüssen Amazoniens ist eine Feststellung des „Flußtyps" mit Hilfe weniger Daten, auch wenn damit keine große Genauigkeit ausgedrückt ist, von Vorteil und eine leichte Hilfe zur Orientierung über günstige Ansatzpunkte für notwendige minutiöse Forschungen.

Literatur

Richards, P. W., 1952: The tropical rain forest. Cambridge.

Schmithüsen, J., 1963: Der wissenschaftliche Landschaftsbegriff. — Mitt. flor. soz. Arb.-Gem., Stolzenau, N. F. **10**: 9—19.

Sioli, H., 1950: Das Wasser im Amazonasgebiet. — Forsch. u. Fortschr. **26**: 274—280.

Sioli, H., 1951: Zum Alterungsprozeß von Flüssen und Flußtypen im Amazonasgebiet. — Arch. f. Hydrobiol. **43**: 267—283.

Sioli, H., 1954a: Beiträge zur regionalen Limnologie des Amazonasgebietes. II. Der Rio Arapiuns. — Ibid. **49**: 448—518.

Sioli, H., 1954b: Gewässerchemie und Vorgänge in den Böden im Amazonasgebiet. — Die Naturwiss. **41**: 456—457.

Sioli, H., 1955a: Beiträge zur regionalen Limnologie des Amazonasgebietes. III. Über einige Gewässer des oberen Rio Negro-Gebietes. — Arch. f. Hydrobiol. **50**: 1—32.

Sioli, H., 1955b: Eine Masern-Epidemie bei den Mundurukú-Indianern im brasilianischen Amazonasgebiet. — Acta tropica **12,1**: 38—52.

Sioli, H., 1956: Über Natur und Mensch im brasilianischen Amazonasgebiet. — Erdkunde **10**: 89—109.

Sioli, H., 1957: Sedimentation im Amazonasgebiet. — Geol. Rdsch. **45**: 608—633.

Sioli, H., 1963: Beiträge zur regionalen Limnologie des Amazonasgebietes. V. Die Gewässer der Karbonstreifen Unteramazoniens. — Arch. f. Hydrobiol. **59**: 311—350.

Sioli, H. und H. Klinge, 1961: Über Gewässer und Böden des brasilianischen Amazonasgebietes. — Die Erde **92**: 205—219.

Zimmermann, J., 1957: Der Alto Tapajóz-Cururú. — Erdkunde **11**: 282—288.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Harald Sioli,
Hydrobiolog. Anstalt der MPG,
Plön (Holstein)
Postfach 89. DEUTSCHLAND — ALEMANHA

RESUMO

Na primeira parte, os tres tipos já clássicos de rios e córregos, na Amazônia, são deduzidos de fatôres físicos (relevo) e químicos (solos) nas zonas de cabeceiras. Êstes fatôres devem ser combinado entre si em certos modos para resultarem determinados tipos de rios. Discutem-se, então, alguns problemas que surgem quando se entrar em detalhes da tipologia dos rios amazônicos, problemas êstes que ainda não se podem resolver.

A tipologia dos rios amazônicos baseia-se somente em fenômenos facilmente verificaveis, porém não possue, no mesmo tempo, como conteudo, uma explicação causal dos mesmos. Ao contrário, quanto mais os desconhecidos, contidos nos conceitos dos tipos dos rios, se reconhecem por estudos minuciosos, tanto mais os tipos dissolvem-se em individualidades que diferem uma da outra até que os „tipos" diferentes ficam ligados entre si por uma série contínua de transições intermediárias. Acrescenta-se ainda a esta situação o fato que bastantes rios podem mudar de tipo temporariamente — em ciclos anuais ou mesmo não periódicos, dentro de dias ou mesmo de horas — de maneira que um engrupamento num ou noutro tipo se torna ilusório. Citam-se exemplos por tais fatos e explicam-se as alterações, mesmo extremas, por influências do ambiente do rio, mormente de fenômenos climâticos, às vezes em combinação com certos condições pedológicas.

Destas circumstâncias resulta que um rio é determinado, nas suas particularidades, muito menos por leis próprias, internas, do que acontece com um lago. Diferente dêste, um rio é, em cada um dos seus estados, um produto do ambiente dêle, reagindo a alterações no ambiente com alterações das suas qualidades físicas e químicas, e, com isto, mesmo do seu tipo. Os „tipos" de rios, desta forma, não representam abstrações, „idéias" de rios, mas somente descrições grosseiras dêles como setôres integrantes do „sistema de ações e efeitos" que é a paisagem.



Abb. 2. Das Insellabyrinth des Arquipélago das Anavilhanas im Rio Negro, gebildet aus den Schwebstoffen, welche die aus den Gebirgen kommenden linken „Weißwasser"-Nebenflüsse dem Rio Negro zugeführt haben.



Abb. 3.
Der Austritt des Rio Marauiá aus den Bergen nahe der venezolanischen Grenze.

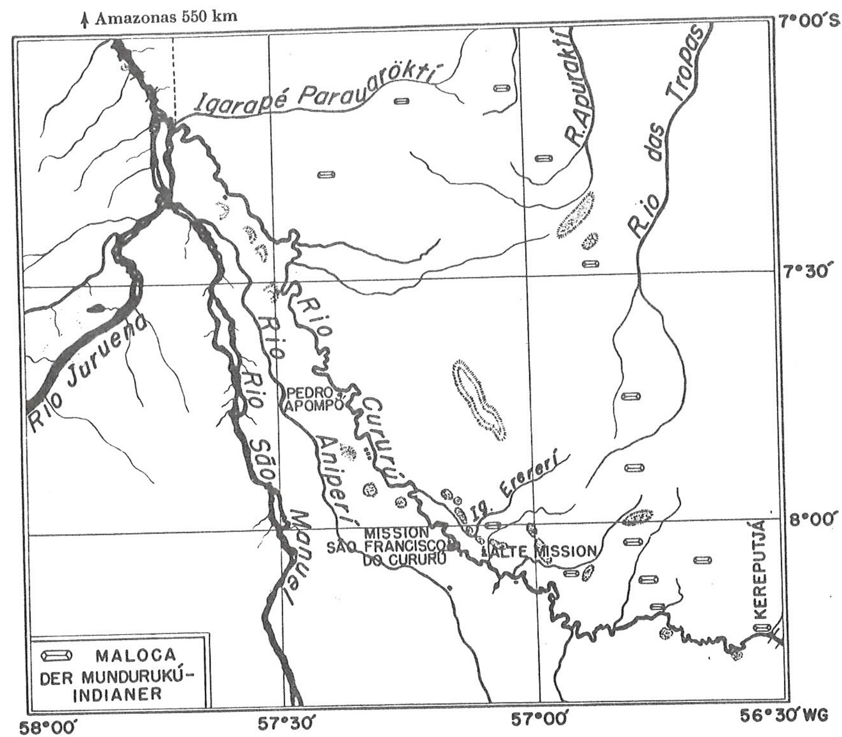


Abb. 5: Rio Cururú (rechter Nebenfluß des oberen Rio Tapajós) mit dem kleinen rechtsseitigen Zufluß Rio Erererí. Nach unveröffentlichten Aufnahmen und Zeichnung der Herren Franziskaner-Missionare der Missão São Francisco do Cururú, 1938.



Abb. 4. Im Schwemmland des Rio Marauiá.

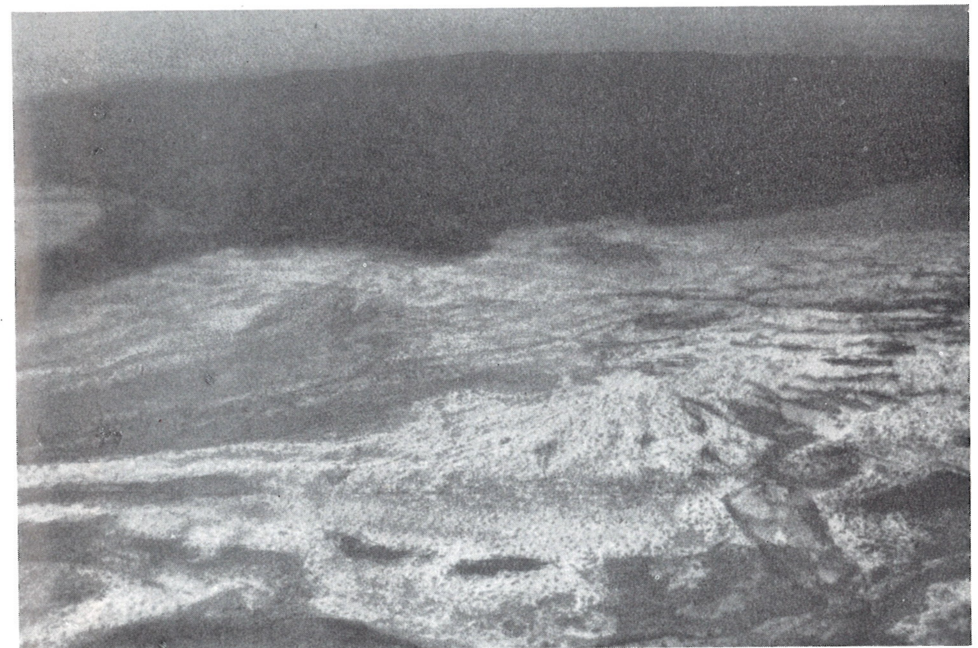


Abb. 6. Campos auf Sandboden über Sandstein in der Gegend des Rio Cururú — Rio Erererí, dahinter Hochwald auf Braunlehm (Flugzeugaufnahme).



Abb. 7. Das Tal des Rio Erererí.

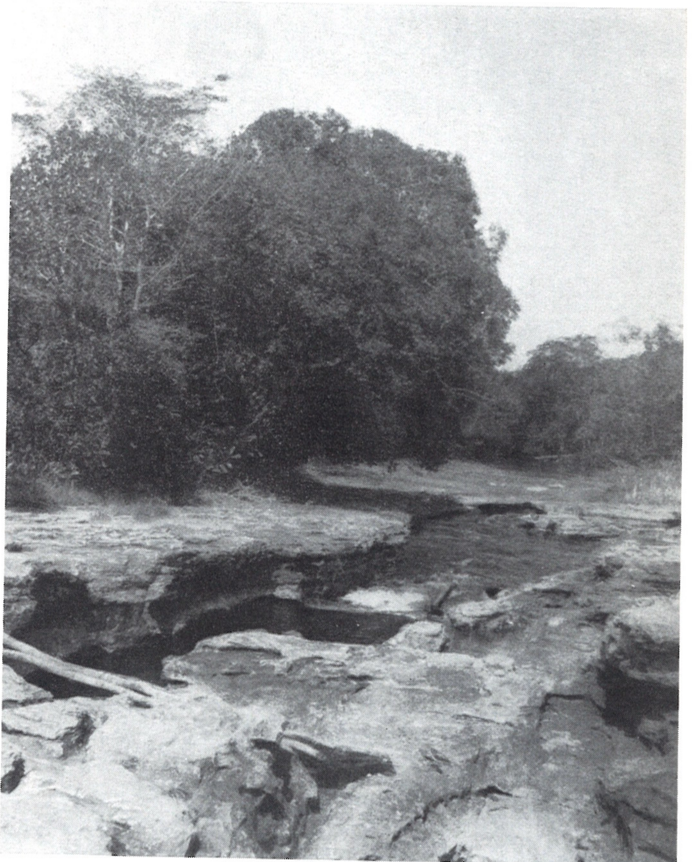
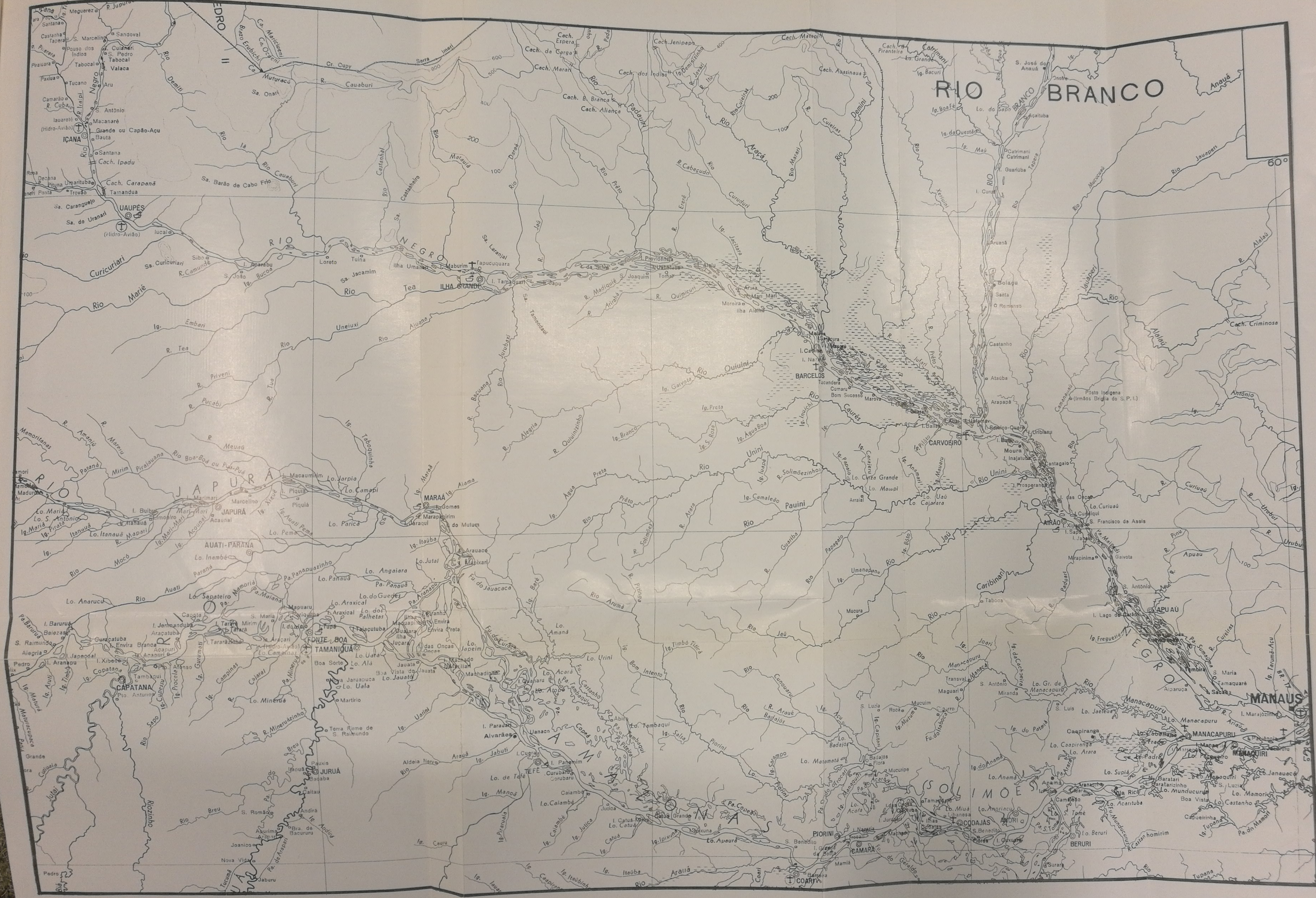


Abb. 8. Der Rio Erererí in schmaler Gesteinsspalte der Talsohle während der Trockenzeit des Jahres 1942.



1: Karte des Rio Negro-Gebietes mit dem Arquipélago das Anavilhanas, den Gebirgen an der venezolanischen Grenze und dem Rio Marauiá. (Ausschnitt aus: IBGE, Cons. Nac. de Geografia, 1961, Estado do Amazonas.)